



中国地质调查局地学文献中心·中国地质图书馆

国外地学文献速递

Express Delivery of Foreign Geological Literature

非常规油气专辑 (2020 年第 2 期)



编者按

非常规油气资源主要包括页岩气、煤层气、油页岩、天然气水合物和油砂矿等，它们在全球能源结构中扮演着重要角色，产业化前景广阔。我国非常规油气资源储量丰富，利用潜力巨大，是目前最为现实的接替能源，对非常规油气资源的勘探和开发将为保障我国能源安全作出重要贡献。

国外地学文献速递（非常规油气专辑）是中国地质调查局地学文献中心为切实服务地质调查中心工作而推出的《国外地学文献速递》系列专辑之一。通过对国外主要文献数据库中涉及非常规油气资源的最新文献进行筛选和摘要编译形成专辑。

本专辑为 2020 年非常规油气专辑的第 2 期，收录了选自 Elsevier 和 SpringerLink 等数据库的 11 篇文章，重点关注国外页岩气、煤层气及天然气水合物等方面的最新研究成果，以期和相关科研人员的研究工作提供支撑和服务。

目 录

加拿大 New Brunswick 阿尔伯特油页岩油气运移岩石学和地球化学特征	1
页岩宏观和微观压缩测试	2
热成熟度和岩石成分对炭质页岩力学性质影响的研究	3
基于容积法对页岩进行高压高温二氧化碳吸附研究	4
基于 CT 技术研究高温热处理砂岩的孔隙网络模型	5
无限饱和多孔介质中水力裂缝与天然裂缝间的力学作用	6
煤层气储层生物甲烷气增产—岩心原位条件驱替实验	7
高压等温吸附曲线构建:一种预测印度 JHARIA 煤田煤层气采收率的工具	8
潜在天然气水合物开发项目的社会、环境和经济评价方案	9
Krishna-Godavari 近海盆地天然气水合物稳定带 (GHSZ) 游离天然气运移和甲烷 渗流的地震识别	10
岩浆流体在日本海活跃气烟囱和天然气水合物开发中的作用	11



获取更多地学文献信息，请关注“移动图书馆”

本刊由“地学文献信息更新与服务”项目支持

专辑主编：陈 杨

审 校：宋韦剑

审 核：王学评

联系电话：(010)66554751

联 系 人：陈 杨

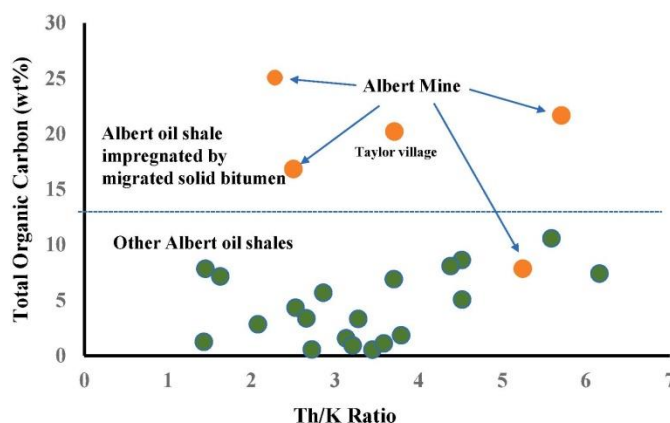
电子信箱：chenyang@cgl.org.cn

加拿大 New Brunswick 阿尔伯特油页岩油气运移的岩石学和地球化学特征

Petrology and geochemistry of migrated hydrocarbons associated with the Albert Formation oil shale in New Brunswick, Canada

■ 摘要译文

本文对加拿大New Brunswick阿尔伯特石炭纪油页岩样品进行了反射白光和荧光显微测试、岩石热解和ICP-MS（元素）分析。与阿尔伯特组油页岩接触并在其内部存在裂隙充填的固体沥青，说明运移的原油能够克服油页岩基质的拉张强度并穿透岩层。原生沥青和油滴的存在表明运移的流体引起了基质热变化。石油运移的证据包括与油页岩接触的固体沥青和结晶碳酸盐的存在。低渗透性油页岩作为封隔层，减缓了原油的运移，形成成岩“前缘”及地层中的反应带。运移的固体沥青既有可溶的天然沥青和辉沥青，也有不可溶的固体沥青类型，如韧沥青和黑沥青。Th/K变化和TOC（wt%）表明，阿尔伯特矿区大部分油页岩及在附近运移的原油TOC含量（17-25 wt%）比其他阿尔伯特油页岩TOC（ $\leq 10\%$ ）含量高。该油页岩处于未成熟或早成熟阶段，生烃量范围较大（2-213 L/吨）。最大生烃区间（66-199 L/吨）为采自阿尔伯特矿区露头的样品，油页岩被大量运移来的固体沥青浸渍。



阿尔伯特油页岩总有机质含量（TOC wt%）和Th/K比变化

■ 作者信息

F. Goodarzi^a, T. Gentzis^b, C. Ö. Karacan^c, H. Sanei^d, P. K. Pedersen^e

^aFG & Partners Ltd., Calgary, AB, Canada; ^bCore Laboratories, 6316 Windfern Road, Houston, TX 77040, USA; ^cU.S. Geological Survey, Reston, VA 20192, USA; ^dDepartment of Geoscience, Aarhus University, Aarhus, Denmark; ^eUniversity of Calgary, Calgary, AB, Canada

本文发表于: fuel 2020 年第 256 卷 编号 115922

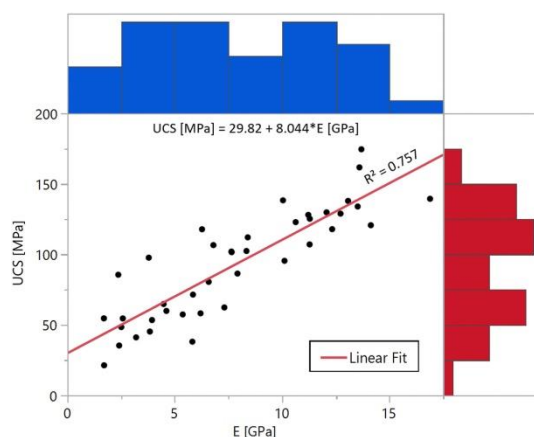
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119312748>

页岩宏观和微观压缩测试

Macro- and micro-compression testing of shales

■ 摘要译文

本文以 Woodford 页岩为例, 在毫米和微米尺度上研究了页岩的宏观和微观地质力学性质。在毫米尺度上对单轴抗压强度、杨氏模量等力学参数进行定量化表征, 并与 FIB-SEM-纳米结构微柱的微压缩试验结果进行对比。研究了页岩不同尺度和组成/结构非均质性对页岩弹塑性形变和破坏行为的影响。此外, 还讨论了元素/矿物组成与无侧限抗压强度和杨氏模量之间的关系。结果表明, 页岩的力学性质与其尺度相关, 且受成分/结构各向异性的影响较大。特别是在 Woodford 页岩样品的微压缩试验中, 抗压强度和杨氏模量表现出非均匀分布的特点。这说明研究区页岩在微米尺度上的地质力学性质通常受不同矿物和/或孔隙的影响, 而在毫米尺度上则受到岩石内部不同微相(和/或微裂缝)的控制。研究证明, 页岩的力学性质可能会随着研究的尺度和页岩成分/结构非均质性而发生显著的变化, 同时这些性质也不易跨尺度改变。



厘米和微米尺度样品的杨氏模量和无侧限抗压强度拟合

■ 作者信息

Jan Goral^a, Milind Deo^a, John McLennan^a, Hai Huang^b, Earl Mattson^b

^aDepartment of Chemical Engineering, University of Utah, Salt Lake City, UT, USA;

^bIdaho National Laboratory, Idaho Falls, ID, USA

本文发表于: Journal of Petroleum Science and Engineering 2020 年第 191 卷 编号 107034

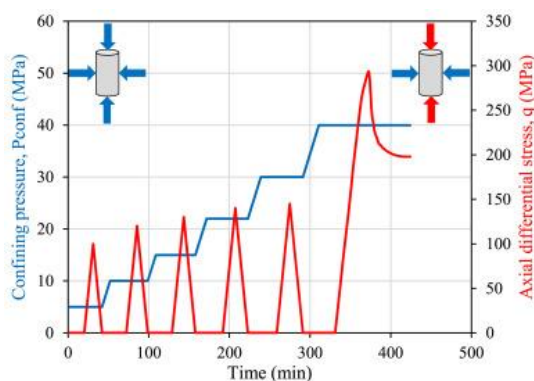
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920410520301285>

热成熟度和岩石成分对炭质页岩力学性质影响的研究

An investigation on the effect of thermal maturity and rock composition on the mechanical behavior of carbonaceous shale formations

■ 摘要译文

准确评价页岩储层力学性质，对筛选水力压裂有效层段以及圈定甜点区有重要意义。前人大多数研究集中于硅质页岩，本文研究了伊朗 Lurestan 盆地碳质富有机页岩的力学性质及其控制因素。评估主要的力学性质通常采用储层应力条件下的实验室直接测量法（静态法）和测井解释（动态法）两种方法。此外，还应用各种实验技术对页岩矿物学、地球化学性质和岩石结构进行评价。结果表明，静态法或动态法测得的杨氏模量和泊松比均能较好地反映岩石的脆性。敏感性分析还表明，有机质、粘土和碳酸盐矿物的丰度是控制岩石脆性的最重要因素。可以通过增加碳酸盐含量和降低粘土矿物和有机质的浓度使脆性增加，此外，热成熟度和石英含量的影响较弱。将这些不同的控制因素合并为一个综合指数，基于弹性法得到了一个类似的相对脆性序列，这表明两种方法都适用于脆性储层识别。与典型富有机质页岩相比，所选页岩的强度更高，这表明碳酸盐结构对岩石骨架具有直接影响。综合考虑这些构造和主要矿物成分，储层可划分为灰岩、泥质灰岩和泥晶灰岩三种岩相。泥晶灰岩表现出相对较高的强度和脆性，而灰岩和泥质灰岩相虽然变化较大，但表现出平均较低的强度和脆性特征。



对不同约束状态下的样品进行三轴试验时的典型加载曲线

■ 作者信息

Atefeh Vafaie^a, Iman Rahimzadeh Kivi^b

^aAbadan Faculty of Petroleum Engineering, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran;

^bDepartment of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

本文发表于: Marine and petroleum geology 2020 年第 116 期 编号 104315

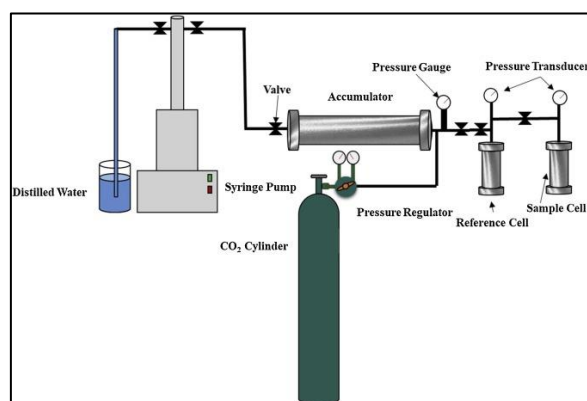
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817220300982>

基于容积法对页岩进行高压高温二氧化碳吸附研究

High pressure-high temperature carbon dioxide adsorption to shale rocks using a volumetric method

■ 摘要译文

随着页岩储层油气产量的增加，人们采用了多种方法来提高这些非常规油气资源的采收率。二氧化碳（CO₂）注入是提高油气采收率的方法之一，并通过吸附作用对 CO₂ 进行地质封存。本文研究了位于美国 Kansas 盆地南部的 Oklahoma 东北部页岩的 CO₂ 封存适用性，及其储集能力的影响因素。利用 X 射线衍射（XRD）法对页岩矿物学特征进行初步分析，基于体积吸附仪测定了页岩对二氧化碳的吸附量。研究了在样品单元中不同 CO₂ 相态、注入压力、温度、页岩颗粒大小和页岩体积的作用。压力的增加导致吸附量的增加，而温度增加使吸附量呈现相反的趋势。当页岩体积减小时，吸附量无明显变化，这是因为使用体积吸附仪时，减小体积会导致错误的结果。本文研究并强调了在 CO₂ 注入过程中影响 Oklahoma 东北部页岩对 CO₂ 吸附的主要因素，可用以评估 CO₂ 注入储层进行封存的适用性。



实验装置图

■ 作者信息

Sherif Fakher, Abdulmohsin Imqam

Missouri University of Science and Technology, United States

本文发表于：International Journal of Greenhouse Gas Control 2020 年第 95 卷 编号 102998

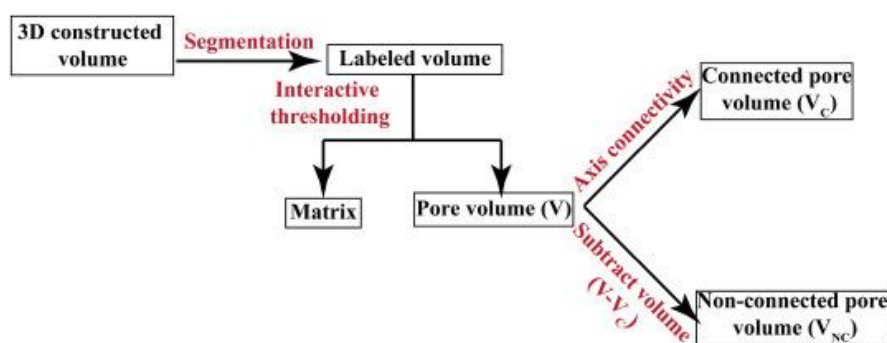
全文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1750583619308266>

基于 CT 技术研究高温热处理砂岩的孔隙网络模型

An insight into pore-network models of high-temperature heat-treated sandstones using computed tomography

■ 摘要译文

孔隙网络结构可用于评价各种储集岩的流体流动特征。在非常规能源勘探中，由于储集岩所处温度不同，导致孔隙和喉道尺度的微观结构变化。近十年来，X 射线计算机断层扫描（XCT）技术有效应用于确定微观尺度孔隙结构，但测试结果受到岩石结构、孔隙空间、颗粒大小和矿物性质影响较大。本研究利用高分辨率微 CT 技术，对三种不同矿物学特征的样品（Dholpur 砂岩、Jodhpur 砂岩和 Gondwana 砂岩）进行热处理，研究其显微结构变化和孔隙网络结构。在 25 °C~800 °C 的温度范围内，研究了三种砂岩的微观结构变化、孔隙空间演化、孔隙大小分布、孔隙连通性、孔隙半径、孔隙体积、孔隙配位数、喉道半径、喉道长度等孔隙网络属性。研究发现，这些砂岩在孔隙空间演化和孔隙网络模型方面的微观结构响应依赖于粘土矿物的存在。Dholpur 和 Gondwana 砂岩的孔隙度随温度的变化有总体增加的趋势。在 600 °C 时，Jodhpur 砂岩的孔隙度达到最大值，之后直到 800 °C 时均呈降低的趋势。与其他两种砂岩相比，富泥的 Gondwana 砂岩孔隙度受温度影响最大。Dholpur 和 Jodhpur 砂岩的最大平均孔隙配位数分别出现在 600 °C (7.097) 和 800 °C (6.953)。



孔隙体积和基质体积提取方法

■ 作者信息

BankimMahanta^{a,b,c}, VikramVishala^b, P.G.Ranjith^a, T.N.Singh^b

^aDepartment of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, Victoria, 3800, Australia

^bDepartment of Earth Sciences, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, 400076, India

^cIITB-Monash Research Academy, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, 400076, India

本文发表于: Journal of Natural Gas Science and Engineering 2020 年 5 月 编号 103227

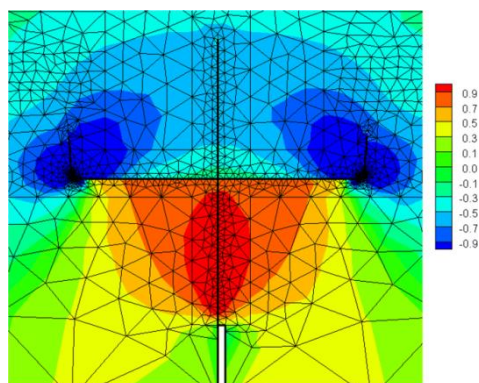
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510020300810>

无限饱和多孔介质中水力裂缝与天然裂缝间的力学作用

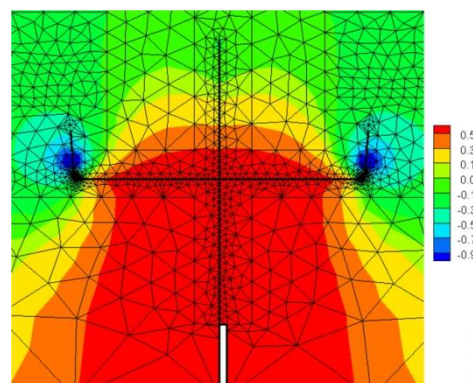
Detailed Description of the Geomechanical Interaction Between a Cohesive Hydraulic Fracture and a Natural Fracture in Saturated Poroelastic Media

■ 摘要译文

水力压裂是非常规油气藏开发中的一项重要技术。本文采用数值方法，研究了无限饱和多孔介质内水力裂缝与天然裂缝的相互作用。结果表明，该模型能较好地模拟天然裂缝性储层水力压裂过程中可能出现的两种情况，详细描述了井底压力和裂缝开度随时间的变化规律。揭示了流体压力与不连续形变之间的耦合关系是如何影响井底压力随时间变化的。



t = 6.8s 时最大主应力分布图



t = 6.8s 时应力分布图

■ 作者信息

Omid Reza Barani, Nima Ghari Haghighat, Pejman Salmani

Department of Civil Engineering, K.N. Toosi University of Technology, P.O. Box 15875-4416, Tehran, Iran

本文发表于 Geotechnical and Geological Engineering 2020 年第 38 期 1689-1705 页

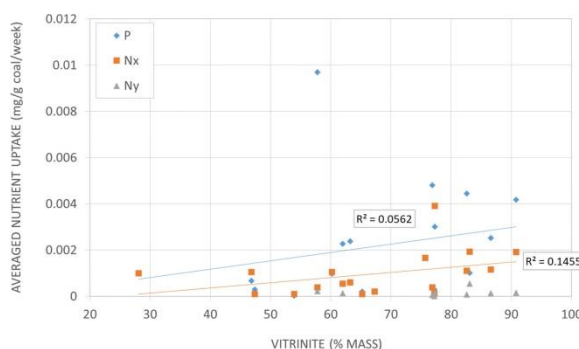
全文链接: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10706-019-01124-4>

煤层气储层生物甲烷气增产—岩心原位条件驱替实验

Enhancing biogenic methane generation in coalbed methane reservoirs – Core flooding experiments on coals at in-situ conditions

摘要译文

通过开展 18 个无氧岩心驱替实验，研究了原位条件下微生物甲烷气对原始煤层增产的影响。实验使用了 Surat 盆地和 Bowen 盆地煤层气田的岩心样品，其中地层水含有来自各对应盆地的产甲烷微生物群，在进行 6-20 周的岩心驱替实验之前，用含磷和氮的营养物质对其进行处理。由于岩心驱替采用的是在储层压力下的脱气煤岩心，驱替过程中产生的气体可能被煤岩吸附和保存。因此，在实验结束时，通过降低孔隙压力并测量岩心样品解吸气体的体积来确定甲烷产量。与前人对粉碎的煤颗粒进行生物增产研究相比，不同驱替岩心每周平均的甲烷生成量变化较大，但最大为每克煤每周产生 $7.75 \mu\text{mol}$ 甲烷。在驱替期间，定期测量流入和流出水样的养分浓度，确定养分消耗率。同时测定了水样中甲烷的溶解浓度，并以此作为驱替过程中生成甲烷相对速率的指标。尽管有连续的养分供应，但在大多数岩心驱替过程中仍观察到产气峰值，这表明养分并不是持续产甲烷的单一限制因素。产气量较高的驱替岩心表现出较高的磷利用率，体现出磷在激发微生物活性方面的重要性；而在缺乏连续养分供应的情况下，养分利用率和产气量监测结果表明了对单个煤层气井进行注入和采收的可行性。本文研究结果证明，在储层条件下增加原煤产气量是可行的，这也是对废弃或未饱和煤层气田增加煤层含气量的技术方法中的重要步骤。



气体产率与煤中有机硫和氮丰度的关系

作者信息

Nicholas Lupton, Luke D. Connell, Deasy Heryanto, Regina Sander, Michael Camilleri, David I. Down, Zhejun Pan

CSIRO Energy, Private Bag 10, Clayton South, Victoria 3169, Australia

本文发表于: International Journal of Coal Geology 2020 年第 219 卷 编号 103377

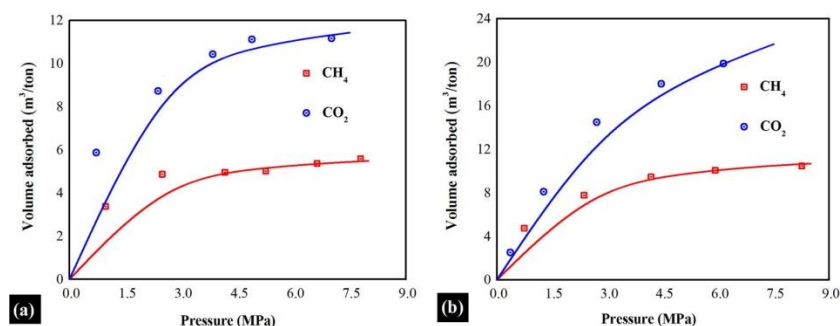
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166516219307943>

高压等温吸附曲线构建：一种预测印度 Jharia 煤田煤层气采收率的工具

Construction of high-pressure adsorption isotherm: A tool for predicting coalbed methane recovery from Jharia coalfield, India

■ 摘要译文

等温吸附曲线描述了在恒定温度条件下，气体吸附量随压力的变化。本文在实验室条件下用测压法建立了两个干燥钻孔样品的等温吸附曲线。对 CH_4 和 CO_2 两种气体进行等温吸附测试，最大压力 8.4MPa。在构建等温吸附曲线之前，对煤样进行了岩相学分析，两个样品煤层气含量分别为 $2.29\text{m}^3/\text{t}$ 和 $2.75\text{m}^3/\text{t}$ 。通过孔隙图像分析，得到了煤岩孔隙大小分布 SEM 图像。 CH_4 等温吸附曲线对煤层气采收率的预测表明，煤层处于饱和状态。构建 CO_2 等温吸附曲线对提高煤层气采收率(ECBM)进行评估。 CO_2 和 CH_4 的吸附体积比分别为 2.09 倍和 2.75 倍。本文通过对等温吸附数据进行解释，明确了 Jharia 煤田煤层气采收率。



样品的等温吸附实验结果及兰氏曲线拟合 (a.J/01; b.J/02)

■ 作者信息

Mohammad Asif^a, D. C. Panigrahi^a, Paul Naveen^b, Keka Ojha^b

^aDepartment of Mining Engineering, Indian Institute of Technology(ISM), Dhanbad 826004, India

^bDepartment of Petroleum Engineering, Indian Institute of Technology(ISM), Dhanbad 826004, India

本文发表于: Construction of high-pressure adsorption isotherm 2019 年第 29 卷 765-769 页

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268618304300>

潜在天然气水合物开发项目的社会、环境和经济评价方案

A social, environmental and economic evaluation protocol for potential gas hydrate exploitation projects

■ 摘要译文

天然气水合物作为一种分布广泛且储量丰富的非常规天然气资源，其潜在的商业开发前景日益受到全球的关注。前人的工作侧重于了解资源的性质、分布以及潜在可采技术，而忽视了对相关的社会、经济和环境影响的评估。任何天然气水合物商业开发项目要想成功，都需要解决这方面的问题。本文利用 ELECTRE III 法建立了天然气水合物开发的多准则决策分析（MCDA）方案。该方案提出了评估天然气水合物开发方案的社会、环境和经济影响标准，这些标准的权重代表了六个确定的利益相关群体的优先级。通过一系列的访谈，对阿拉斯加潜在的商业天然气水合物开发方案进行了测试。结果表明，即使在利益相关群体中，也不存在普遍的优先结构，这表明所有群体的认同只不过是一种复杂选择的妥协。然而，有两个从根本上对立的群体，一个由政府和有相关行业背景的个人组成，他们优先考虑经济指标；另一个由当地社区成员和环保主义者组成，他们优先考虑社会和环境指标。该方案的结论是，在目前的条件下，阿拉斯加的天然气水合物开发不太可能得到支持。这项作为全面评估天然气水合物或其他自然资源的未来开发建议提供了第一个结构性基础。

■ 作者信息

David Riley^{a,b}, Marije Schaafsma^c, Héctor Marin-Moreno^b, Tim A. Minshull^a

^aOcean and Earth Science, University of Southampton, European Way, Southampton SO14 3ZH, UK;

^bNational Oceanography Centre, University of Southampton Waterfront Campus, European Way, Southampton SO14 3ZH, UK; ^c School of Geography and Environmental Science, University of Southampton, University Road, Southampton SO17 1BJ, UK

本文发表于：Applied Energy 2020年第263卷 编号114651

全文链接：<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626192030163X>

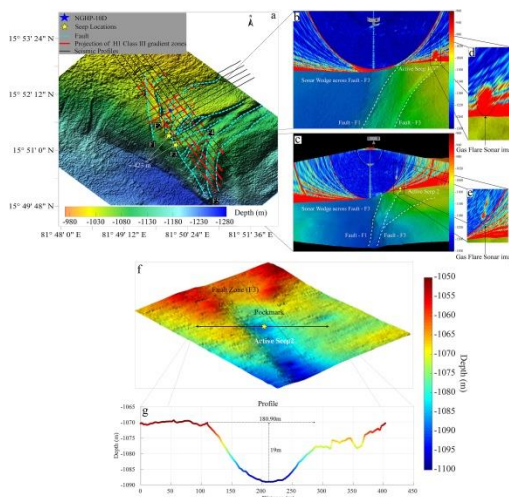
Krishna-Godavari 近海盆地天然气水合物稳定带 (GHSZ)

游离天然气运移和甲烷渗流的地震识别

Seismic evidence of free gas migration through the gas hydrate stability zone (GHSZ) and active methane seep in Krishna-Godavari offshore basin

■ 摘要译文

通过对 NGHP-01-10 井附近发育较厚的裂缝充填型天然气水合物储层多信道地震资料 AVO (Seismic amplitude versus offset) 分析, 能够了解裂缝型天然气水合物系统的流体运移规律。利用 CIG (Amplitude preserved common image gathers) 可以提取海底、似海底反射 (BSR) 和水合物稳定带 (GHSZ) 内不同层位的偏移地震振幅。提取的振幅用三项 Shuey AVO 近似拟合估算截距和梯度值。基于截距和梯度值, 在 BSR 和 BSR 之上的其他水平层位, 观察到两类不同的地震 AVO 响应: IV 型 AVO (负振幅随着偏移量增加而减小) 和 III 型 AVO (负振幅随偏移量增加而增大)。较大负截距和梯度值表明, III 型 AVO 在垂直地震剖面上为 -0.2 到 -1.8 之间, 在横向地震剖面上为 -0.01 到 -0.3 之间。在天然气水合物稳定带内存在 III 型 AVO, 表明可能存在沿断层运移的游离气。一些活动断层暴露在地表, 并在多波束数据中显示出麻坑等气体渗漏特征。



高分辨率水深探测及图像解释

■ 作者信息

S. Gullapalli^a, P. Dewangan^a, A. Kumara, G. Dakara^a, C.K. Mishra^{a,b}

^aGas Hydrate Research Group, CSIR-National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa, 403004, India; ^bAcademy of Scientific and Innovative Research (AcSIR), Ghaziabad, 201002, India

本文发表于: Marine and Petroleum Geology 2019 年第 110 卷 685-705 页

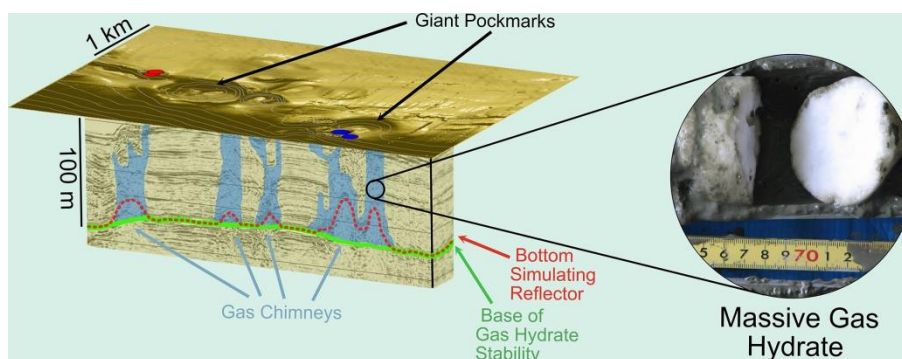
全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264817219303629>

岩浆流体在日本海活跃气烟囱和天然气水合物开发中的作用

Magmatic fluids play a role in the development of active gas chimneys and massive gas hydrates in the Japan Sea

■ 摘要译文

地球海洋大陆边缘存在着大量天然气水合物形式的碳，这些天然气水合物可以与海水和大气相互作用，进而影响全球气候。通常认为，无论是生物还是热解的有机质降解，都是由于在这些海底沉积中大量存在的天然气水合物的原因。本文提出了来自日本东海岸天然气水合物的稳定同位素和惰性气体数据，并将它们与以前发表的与中新世早期火成岩和沉积岩有关的深油气井的气体数据进行了比较。研究结果表明，水合物中的大部分气体是深源富甲烷热/壳源（TC）、富甲烷生物气体与相对浅层饱和空气海水（BASW）和贫甲烷岩浆地幔源（MM）混合物。存在地幔 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 的水合物表明，日本海活跃的气烟囱构造里地幔气中的流体对热成因气运移有一定作用。浅海沉积物中初始水合物的形成具有持续性，由气体形成水合物的循环亦是如此，最终在天然气水合物稳定带的底部被埋藏并分解，形成麻坑结构。



图解摘要

■ 作者信息

Glen T. Snyder^a, Yuji Sano^{b, c}, Naoto Takahata^{a, b}, Ryo Matsumoto^a, Yoshihiro Kakizaki^{a, d}, Hitoshi Tomaru^e

^aGas Hydrate Research Laboratory, Meiji University Global Front, 1-1 Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8301, Japan; ^bAtmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8564, Japan; ^cInstitute of Surface-Earth System Science, Tianjin University, 92 Weijin Road, Nankai District, Tianjin 300072, PR China; ^dDepartment of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan; ^eDepartment of Earth Sciences, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan

本文发表于: Chemical Geology 2020 年第 535 卷 编号 119462

全文链接: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009254120300012>